



(51) Internationale Patentklassifikation 5 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 92/18807
F22B 37/10	A1	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Oktober 1992 (29.10.92)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00319	(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), SU, US.
(22) Internationales Anmeldedatum: 18. April 1991 (18.04.91)	Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(71) Anmelder ( <i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i> ): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE).	
(72) Erfinder; und	
(75) Erfinder/Anmelder ( <i>nur für US</i> ): KASTNER, Wolfgang [DE/DE]; Kärntner Strasse 18, D-8522 Herzogenaurach (DE). KÖHLER, Wolfgang [DE/DE]; Röckenhofer Hauptstrasse 22, D-8501 Kalchreuth (DE). WITTCHÖW, Eberhard [DE/DE]; Schronfeld 96, D-8520 Erlangen (DE).	
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-8000 München 2 (DE).	

(54) Title: CONTINUOUS FLOW STEAM GENERATOR WITH A VERTICAL GAS FLUE OF SUBSTANTIALLY VERTICALLY FITTED PIPES

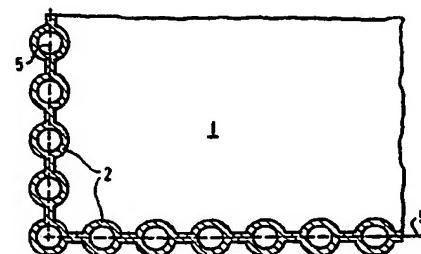
(54) Bezeichnung: DURCHLAUFDAMPFERZUGER MIT EINEM VERTIKALEN GASZUG AUS IM WESENTLICHEN VERTIKAL ANGEORDNETEN ROHREN

#### (57) Abstract

In such continuous steam generators, the pipes (3) together form combustion chamber walls (2) and bear burners for fossil fuels. The insides of the pipes are often fitted with ribs forming a multiple thread and connected together in parallel for the circulation of a coolant. According to the invention, the inside diameter  $d$  of the pipes is a function of a quotient  $K$  and certain points lie between a curve A and the ordinates from paired values of the inside pipe diameter  $d$  and the quotient  $K$  in a system of co-ordinates. Here, the summed mass flow  $M$  through all the pipes at 100% steam production divided by the volume of the gas flue in a horizontal section through the combustion chamber is used to form the quotient  $K$  and thereby there are four defined points on curve A, which rises steadily. The use of this arrangement is also advantageous for continuous steam generators with rated powers down to far below 500 MW.

#### (57) Zusammenfassung

Bei derartigen Durchlaufdampferzeugern bilden die Rohre (3) gemeinsam Brennkammerwände (2) und tragen Brenner für fossile Brennstoffe. Die Rohre sind häufig auf ihrer Innenseite mit ein mehrgängiges Gewinde bildenden Rippen versehen und sind für den Durchfluss eines Kühlmittels einander parallel geschaltet. Erfundungsgemäß ist der Rohrrinnendurchmesser  $d$  eine Funktion eines Quotienten  $K$  und liegen durch Wertepaare des Rohrrinnendurchmessers  $d$  und des Quotienten  $K$  in einem Koordinatensystem bestimmte Punkte zwischen einer Kurve A und der Ordinate. Dabei dient zur Bildung des Quotienten  $K$  der summierte Massedurchsatz  $M$  aller Rohre bei 100 % Dampfleistung dividiert durch den Umfang des Gaszugs in einem horizontalen Schnitt durch die Brennkammer und dabei liegen vier bestimmte Punkte auf der Kurve A, die stetig steigend ist. Die Anwendung dieser Anordnung ist auch für Durchlaufdampferzeuger mit Nennleistungen bis weit unter 500 MW vorteilhaft möglich.



**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AT	Austria	FI	Finland	MI	Mali
AU	Australia	FR	France	MN	Mongolia
BB	Barbados	CA	Gabon	MR	Mauritania
BE	Belgium	GB	United Kingdom	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GN	Guinea	NL	Netherlands
BG	Bulgaria	GR	Greece	NO	Norway
BJ	Benin	HU	Hungary	PL	Poland
BR	Brazil	IE	Ireland	RO	Romania
CA	Canada	IT	Italy	RU	Russian Federation
CF	Central African Republic	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Congo	KP	Democratic People's Republic of Korea	SE	Sweden
CH	Switzerland	KR	Republic of Korea	SN	Senegal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CM	Cameroon	LK	Sri Lanka	TD	Chad
CS	Czechoslovakia	LU	Luxembourg	TG	Togo
DE	Germany	MC	Monaco	US	United States of America
DK	Denmark	MG	Madagascar		

- 1 Durchlaufdampferzeuger mit einem vertikalen Gaszug aus im wesentlichen vertikal angeordneten Rohren

1.1 Einzelheiten siehe

Die Erfindung betrifft Durchlaufdampferzeuger mit einem vertikalen Gaszug aus im wesentlichen vertikal angeordneten und miteinander gasdicht verschweißten Rohren, die gemeinsam Brennkammerwände bilden und Brenner für fossile Brennstoffe tragen, die einen Rohrinnendurchmesser  $d$  aufweisen und auf ihrer Innenseite ein mehrgängiges Gewinde bildende Rippen mit einer Steigung  $h$  und einer Rippenhöhe  $H$  aufweisen und die für den Durchfluß eines Kühlmittels parallel geschaltet sind.

Derartige Durchlaufdampferzeuger mit vertikaler Berührung der Brennkammerwände sind gegenüber solchen mit schraubenförmiger Berührung kostengünstiger herzustellen und haben außerdem einen niedrigeren wasser-/dampfseitigen Druckverlust. Allerdings können die nicht vermeidbaren Unterschiede in der Wärmezufuhr zu den einzelnen Rohren, z.B. infolge unterschiedlichen Verschlackungsgrades vor und nach dem Rußblasen, zu Temperaturdifferenzen zwischen einzelnen Rohren am Verdampferaustritt bis zu 160 °C führen (Europäische Patentanmeldung 0 217 079), die Schäden aufgrund von unzulässigen Wärmespannungen verursachen. Außerdem können derartige Dampferzeuger bisher aus Gründen der Rohrkühlung nur für große Einheitsleistungen ausgeführt werden. In einer Veröffentlichung "Zwangsdurchlaufkessel für Gleitdruckbetrieb mit vertikaler Brennkammerberührung" von H. Juzie et al in der VGB KRAFTWERKSTECHNIK 64, Heft 4, ab Seite 292, wird für Dampferzeuger mit einer Brennkammer mit vertikaler Berührung und Steinkohletangentialfeuerung eine untere Leistungsgrenze von 500 MW angegeben.

Aus dieser Veröffentlichung ergibt sich auch, daß die Massenstromdichte des Kühlmittels im Rohr neben dem Rohrinnendurchmesser eine bestimmende Größe für die strömungstechnische Auslegung des Parallelrohrsystems ist, das als Verdampferheiz-

1 fläche wirkt. Typische Massenstromdichten für schraubenförmige  
Berohrung der Brennkammer mit auf der Innenseite glatten Rohren  
liegen zwischen 2000 und 3000 kg/m<sup>2</sup>s, für vertikale Berohrung  
mit innenberippten Rohren zwischen 1500 und 2000 kg/m<sup>2</sup>s. Bei  
5 diesen Auslegungsparametern ist der Anteil des Reibungsdruck-  
abfalls am gesamten Druckabfall der Durchlauf-Verdampfer sehr  
hoch. Derartige Verdampfer haben demzufolge eine typische  
Charakteristik, gemäß der - ausgehend vom Auslegungszustand -  
der Massendurchsatz im Einzelrohr bei dessen stärkerer Behei-  
10 zung zurückgeht und bei dessen schwächerer Beheizung ansteigt.

Diese Charakteristik ist eine Ursache für größere Temperatur-  
differenzen zwischen einzelnen Rohren am Verdampferaustritt  
bei Gaszügen mit vertikal angeordneten Rohren. Zur Minderung  
15 dieser Temperaturdifferenzen ist es bekannt, Drosseln am Ver-  
dampfereintritt einzubauen und/oder im oberen Teil der Brenn-  
kammerwände außerhalb des Gaszuges Mischsampler anzuordnen, in  
welche die Rohre münden und in denen ein gewisser Enthalpie-  
ausgleich durch Mischung stattfindet. Bei Einheitsleistungen  
20 unter 500 MW ist bei bisher ausgeführten Durchlaufdampferzeu-  
gern für die Brennkammerwände eine schraubenförmige Berohrung  
vorgesehen worden, um die für die Kühlung der Glattrohre not-  
wendige Massenstromdichte in den Rohren einhalten zu können  
und um einen gewissen Beheizungsausgleich bei der großen Rohr-  
25 länge zu erreichen. Diese Maßnahme führt jedoch zu höheren  
Herstellungskosten der Durchlaufdampferzeuger und erfordert  
verhältnismäßig große Speisepumpenleistungen aufgrund des auf-  
tretenden hohen Druckabfalls.

30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Durchlaufdampferzeuger  
kostengünstig herzustellen und zu betreiben, dabei die Tempe-  
raturdifferenzen am Verdampferaustritt auf wirtschaftliche Art  
und Weise auf zulässige Werte zu reduzieren und darüber hinaus  
die Anwendungsgrenze für Durchlaufdampferzeuger mit vertikaler

1 Berührung der Brennkammerwände auf Einheitenleistungen deutlich unterhalb von 500 MW auszudehnen.

5 Erfnungsgemäß wird diese Aufgabe für Durchlaufdampferzeuger der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß der Rohrinnen-durchmesser d eine Funktion eines Quotienten K ist und daß Punkte, bestimmt durch Wertepaare aus Rohrinnendurchmesser d und Quotient K, in einem Koordinatensystem zwischen einer Kurve A und der Ordinate liegen. Dabei wird zur Bildung des Quotien-10 ten K der summierte Massendurchsatz M aller Rohre bei 100% Dampfleistung dividiert durch den Umfang des Gaszugs in einem horizontalen Schnitt, gemessen auf den Verbindungslien der Rohrmitten benachbarter Rohre. Dabei liegen Punkte entsprechend der Wertepaare

15

$$d_1 = 12,5 \text{ mm bei } K_1 = 3 \text{ kg/s m}$$

$$d_2 = 20,4 \text{ mm bei } K_2 = 7 \text{ kg/s m},$$

$$d_3 = 30,6 \text{ mm bei } K_3 = 13 \text{ kg/s m und}$$

$$d_4 = 39,0 \text{ mm bei } K_4 = 19 \text{ kg/s m}$$

20

auf der Kurve A, die stetig steigend ist.

Nach zweckmäßigen Ausgestaltungen des erfundungsgemäßen Durch-25 laufdampferzeugers ist die Steigung h in m der ein mehrgängiges Gewinde bildenden Rippen auf der Innenseite der Rohre höchstens gleich dem 0,9-fachen der Wurzel aus dem Rohrinnendurchmesser d in m und die Rippenhöhe H beträgt mindestens das 0,04-fache des Rohrinnendurchmessers d.

30 Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung bestehen darin, daß Punkte, bestimmt durch Wertepaare aus Rohrinnendurchmesser c und Quotient K, in dem Koordinatensystem zwischen der Kurve A und einer Geraden B liegen, wobei die Gerade B durch Punkte entsprechend den Wertepaaren

35  $d_5 = 14,3 \text{ mm bei } K_5 = 1,8 \text{ kg/s m und}$   
 $d_6 = 38,4 \text{ mm bei } K_6 = 7,6 \text{ kg/s m}$

1 definiert ist, daß der jeweils einem Quotienten - zugehörige Rohrinnendurchmesser  $d$  um höchstens 30% von dem auf der Kurve A diesem Quotienten  $K$  zugehörigen Rohrinnen durchmesser  $d$  abweicht.

5

Die Kurven A und B sind so bestimmt, daß der Durchlaufdampferzeuger noch mit einer Mindestlast von 50% der Vollast oder darunter im sicheren Durchlaufbetrieb betrieben werden kann, ohne daß die erfindungsgemäßen Vorteile verloren gehen.

10

Die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Durchlaufdampferzeugers ist sehr vorteilhaft, weil durch sie die Massenstromdichte in den durchströmten Rohren so weit abgesenkt und der Rohrinnen durchmesser  $d$  so bestimmt sind, daß der Anteil des geodätischen

15 Druckabfalls am gesamten Druckabfall eine Veränderung der Charakteristik von Durchlaufverdampfern erzwingt, gemäß der - ausgehend vom Auslegungszustand - der Massendurchsatz im Einzelrohr bei dessen stärkerer Beheizung erhöht wird und bei dessen schwächerer Beheizung zurückgeht. Diese neuartige

20 Charakteristik führt zu einer bedeutenden Vergleichsmäßigung der Dampf- und damit der Rohwandtemperaturen am Austritt der die Verdampferheizfläche bildenden Brennkammerwände.

Die Absenkung der Massenstromdichte in den Verdampferrohren hat einen weiteren Vorteil, weil sich bei unverändertem Gesamt massendurchsatz durch das Parallelrohrsysteem des Verdampfers und bei Beibehaltung gleicher Rohrinnendurchmesser  $d$  die Anzahl der durchflußmäßig parallel geschalteten Rohre der Brennkammer wände des Gaszugs gegenüber bisher üblichen Auslegungen vergrößert. Dadurch ist es möglich, das Verhältnis von Brennkammer umfang zum Gesamtmasse durchsatz zu vergrößern und die Anwendungsgrenze für Durchlaufdampferzeuger mit vertikal berührten Brennkammerwänden in einen Leistungsbereich bis weit unterhalb von 500 MW auszudehnen.

35

- 1 Um jedoch dabei eine sichere Kühlung der einzelnen Rohre zu gewährleisten, müssen diese innen berippt sein. Dabei muß die Rippengeometrie so beschaffen sein, daß nahezu im gesamten Verdampfungsgebiet, erzwungen durch den Drall des Kühlmittelstroms, stets Wasser auf der Rohrinnenwand vorhanden ist und somit die Gefahr von Filmverdampfung beseitigt ist.

5 Die erfindungsgemäße Gestaltung von Durchlaufdampferzeugern wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Im einzelnen  
10 zeigen:

- FIG 1 einen Ausschnitt aus einem horizontalen Schnitt durch einen vertikalen Gaszug und  
FIG 2 einen Längsschnitt durch ein einzelnes Rohr;  
15 FIG 3 ein Koordinatensystem mit Kurven A und B.

Ein Durchlaufdampferzeuger mit einem vertikalen Gaszug 1 ist von Brennkammerwänden 2 umfaßt. Die Brennkammerwände 2 bestehen aus vertikal und nebeneinander angeordneten Rohren 3, die miteinander gasdicht verschweißt sind (Figur 1). Die miteinander gasdicht verschweißten Rohre bilden beispielsweise in einer Rohr-Steg-Rohr-Konstruktion oder in einer Flossenrohr-Konstruktion eine gasdichte Brennkammerwand 2.

- 25 Die Rohre 3 tragen nach Figur 2 auf ihrer Innenseite Rippen 4, die eine Art mehrgängiges Gewinde mit einer Steigung  $h$  bilden und eine Rippenhöhe  $H$  haben. Der Rohrinnendurchmesser  $d$  der Rohre 3 ist definiert durch den rechnerischen Durchmesser des Kreises, der den gleichen Flächeninhalt hat wie der durch die Rippen 4 eingeengte freie Querschnitt der Rohre 3. Der Rohrinnendurchmesser  $d$  und die Steigung  $h$  bestimmen sich gegenseitig durch die Funktion  $h \leq 0,9 \cdot \sqrt{d}$ , um die Strömung des Kühlmittels in einen ausreichend großen Drall zu versetzen.

- I Die Brennkammerwände 2 des vertikalen Gaszuges 1 tragen nicht dargestellte Brenner für fossile Brennstoffe, die innerhalb des Gaszuges 1 verbrennen und dabei Wärme erzeugen. Die Wärme wird von einem Kühlmittel aufgenommen, welches die die Brennkammerwände 2 bildenden Rohre 3 durchströmt und dabei verdampft. Im Normalfall dient als Kühlmittel entsprechend aufbereitetes Wasser. Die Rippen 4 ragen mindestens um das 0,04-fache des Rohrinnendurchmessers  $d$  in das Rohr 3 hinein, um den Wasseranteil des strömenden Kühlmittels auf der Innenseite des Rohres zu führen, denn der Drall preßt vor allem auch in dem Bereich, in dem das Wasser verdampft, das jeweils noch als Flüssigkeit vorhandene Wasser an die Innenseite eines Rohres 3, so daß das Rohr 3 die von ihm aufgenommene Wärme gut an die Flüssigkeit weitergibt und dadurch sicher gekühlt wird.
- 15 Um dies jeweils in ausreichendem Maße zu gewährleisten, ist der Rohrinnendurchmesser  $d$  gemäß der Erfindung nicht unabhängig vom Quotienten  $K$  gewählt. Dabei ist der Quotient  $K$  durch Division des summierten Massendurchsatzes (kg/s) aller Rohre 3 bei 100% Dampfleistung durch den Umfang ( $m$ ) des Gaszugs 1 bestimmt. Der Umfang des Gaszugs 1 ist entlang einer in Figur 1 gestrichelt dargestellten Linie 5 gemessen, die die Rohrmitten der einzelnen benachbarten Rohre 3 miteinander verbindet.
- 20 25 In dem Koordinatensystem gemäß Figur 3 ist der Rohrinnendurchmesser  $d$  als Funktion des Quotienten  $K$  darstellbar. Vier Punkte einer Kurve A sind durch die Wertepaare

$$\begin{aligned}d_1 &= 12,5 \text{ mm bei } K_1 = 3 \text{ kg/s m}, \\d_2 &= 20,4 \text{ mm bei } K_2 = 7 \text{ kg/s m}, \\d_3 &= 30,6 \text{ mm bei } K_3 = 13 \text{ kg/s m und} \\d_4 &= 39,0 \text{ mm bei } K_4 = 19 \text{ kg/s m}\end{aligned}$$

gegeben.

- 1 Jeder Punkt in dem Feld zwischen dieser Kurve A und der Ordinate, entlang der der Rohrinnendurchmesser d aufgetragen ist, stellt ein Wertepaar dar, bei dem die Anteile von Reibungsdruckabfall und geodätischem Druckabfall in einem so günstigen Verhältnis zueinander stehen - im allgemeinen ist dann der geodätische Druckabfall größer als der Reibungsdruckabfall - , daß bei der Mehrbeheizung eines einzelnen Rohres der Massendurchsatz durch dieses Rohr ansteigt.
- 5
- 10 Eine sichere Kühlung der Rohre erlaubt bei einem vorgegebenen Quotienten K keine beliebige Wahl des Rohrinnendurchmessers d. Deshalb wird das Feld auf in der Praxis üblicherweise vor kommende Wertepaare durch eine Gerade B begrenzt, die durch die Punkte entsprechend den Wertepaaren

15

$$\begin{aligned}d_5 &= 14,3 \text{ mm bei } K_5 = 1,8 \text{ kg/s m und} \\d_6 &= 38,4 \text{ mm bei } K_6 = 7,6 \text{ kg/s m}\end{aligned}$$

- bestimmt ist. Erfindungsgemäß liegen damit die aus Rohrinnen-20 durchmesser d und Quotienten K gebildeten Wertepaare zwischen den Kurven A und B des Koordinatensystems nach Figur 3.

- Bei besonders ungünstigen Beheizungsverhältnissen sollte ein einem Quotienten K zugeordneter Rohrinnendurchmesser d höchstens 25 10% kleiner bzw. 30% größer als der auf der Kurve A diesem Quotienten K zugeordnete Rohrinnendurchmesser d sein.

- Durch die Ermittlung der Größe des Rohrinnendurchmessers d auf die angegebene Art und Weise werden in den Rohren 3 Strömungs-30 verhältnisse erzwungen, bei denen ein durch Reibung erzeugter Anteil des Druckabfalls in einem günstigen Verhältnis zum geodätisch verursachter Anteil des Druckabfalls am Gesamtdruck- abfall steht, und zwar sowohl bei Vollast- als auch bei Teillastbetrieb, bis zu einer Teillast von 50% der Vollast und 35 darunter. Infolge der erfindungsgemäß aufeinander abgestimmten

1 Abmessungen der Rohre 3 sowie des Gaszugs 1 werden diese günstigen Verhältnisse gewährleistet durch eine relativ niedrige, auf die Masse des Kühlmittels bezogene Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels in axialer Richtung bei gleichzeitig starker 5 Drallbewegung desselben. Diese Strömungsgeschwindigkeit, ausgedrückt als Massenstromdichte, liegt bei 100% Dampfleistung für die Rohre bis zu einem Rohrinnendurchmesser d von 25 mm zwischen etwa 800 und 850 kg/m<sup>2</sup>s (Kurve A). Bei Rohrinnendurchmessern d größer als 25 mm steigt die Massenstromdichte und 10 liegt zwischen 850 und etwa 950 kg/m<sup>2</sup>s (Kurve A).

Der Gesamtdruckabfall in den Rohren 3, also der Unterschied zwischen dem Druck im unten liegenden Eintrittssammler und dem Druck im oben liegenden Austrittssammler, setzt sich zusammen 15 aus den Anteilen Reibungsdruckabfall, geodätischer Druckabfall und Beschleunigungsdruckabfall. Der Anteil des Beschleunigungsdruckabfalls liegt bei 1 bis 2% des Gesamtdruckabfalls und kann deshalb hier vernachlässigt werden.

20 Der Reibungsdruckabfall eines einzelnen Rohres 3 erhöht sich bei einer gegenüber anderen Rohren vorhandenen Mehrbeheizung infolge der erhöhten Volumenzunahme des Wasser-Dampf-Gemisches. Da allen parallel geschalteten Rohren einer Verdampferheizfläche eines Durchlaufdampferzeugers durch ihre Kopplung an einen 25 gemeinsamen Eintritts- bzw. Austrittssammler der gleiche Druckabfall vorgegeben ist, muß zum Ausgleich dieses Druckabfallanteils bei einem stärker beheizten Rohr der Durchsatz zurückgehen. Dieser zurückgehende Durchsatz führt in Verbindung mit 30 der stärkeren Beheizung des Rohres demzufolge zu stark erhöhten Dampfaustrittstemperaturen am Rohrende gegenüber durchschnittlich oder schwächer beheizten Rohren.

Der geodätische Druckabfall eines einzelnen Rohres 3 sinkt 35 dagegen bei Mehrbeheizung dieses Rohres gegenüber anderen Rohren infolge erhöhter Dampfbildung, weil die Wasser-Dampf-

1 Säule leichter wird. Der Durchsatz durch das mehrbeheizte Rohr  
steigt aufgrund dieses Effekts also an, bis die Summe von  
erhöhtem Reibungsdruckabfall und gesunkenem geodätischen Druck-  
abfall den durch die Kopplung über Eintritts- bzw. Austritts-  
5 sammler vorgegebenen Druckabfall erreicht. Diese Steigerung  
des Durchsatzes ist erwünscht, um die Dampfaustrittstemperatur  
am Rohrende trotz der Mehrbeheizung niedrig zu halten. Dieser  
erfindungsgemäß vergleichsweise große Einfluß des geodätisch  
verursachten Druckabfalls ist die Ursache für die Veränderung  
10 der Charakteristik des Durchlaufdampferzeugers hin zu einem  
Verhalten, bei dem größere Temperaturunterschiede am Rohrende  
des Verdampfers vermieden sind, weil eine stärkere Beheizung  
eines einzelnen Rohres durch einen höheren Durchsatz des  
Kühlmittels durch dasselbe größtenteils kompensiert wird.

15

Diese Vorteile der Erfindung werden bei mit festen Brenn-  
stoffen wie Kohle befeuerten Durchlaufdampferzeugern besonders  
deutlich, da dort aufgrund der unterschiedlichen Verschmutzung  
20 der Brennkammerwände die Mehr- oder Minderbeheizung einzelner  
Rohre sehr groß ist.

25

30

35

## I Patentansprüche

1. Durchlaufdampferzeuger mit einem aus miteinander gasdicht verschweißten Rohren gebildeten vertikalen Gaszug, an dem sich 5 Brenner für fossilen Brennstoff befinden, wobei die Rohre des Gaszuges im wesentlichen vertikal angeordnet sind, einen Rohrinnendurchmesser  $d$  aufweisen, auf ihrer Innenseite ein mehrgängiges Gewinde bildende Rippen tragen und für den Durchfluß eines Kühlmittels parallel geschaltet sind,  
10 dadurch gekennzeichnet,
  - der Rohrinnendurchmesser  $d$  eine Funktion eines Quotienten  $K$  ist,
  - daß durch Wertepaare des Rohrinnendurchmessers  $d$  und des Quotienten  $K$  bestimmte Punkte in einem Koordinatensystem 15 zwischen einer Kurve A und der Ordinate liegen,
  - wobei zur Bildung des Quotienten  $K$  der summierte Massendurchsatz aller Rohre bei 100% Dampfleistung dividiert ist durch den Umfang des Gaszugs in einem horizontalen Schnitt, gemessen auf den Verbindungslienien der Rohrmitten der 20 benachbarten Rohre und
  - wobei die Kurve A durch Punkte entsprechend den Wertepaaren  
 $d_1 = 12,5 \text{ mm bei } K_1 = 3 \text{ kg/s m}$ ,  
 $d_2 = 20,4 \text{ mm bei } K_2 = 7 \text{ kg/s m}$ ,  
 $d_3 = 30,6 \text{ mm bei } K_3 = 13 \text{ kg/s m und}$   
25  $d_4 = 39,0 \text{ mm bei } K_4 = 19 \text{ kg/s m}$   
auf der Kurve A liegen, die stetig steigend ist.
2. Durchlaufdampferzeuger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
30 - daß eine Steigung  $h$  in m der Rippen in den Rohren höchstens gleich dem 0,9-fachen der Wurzel aus dem Rohrinnendurchmesser  $d$  in m ist und daß eine Höhe  $H$  der das Gewinde bildende Rippen mindestens gleich dem 0,04-fachen des Rohrinnendurchmessers  $d$  ist.

- i 3. Durchlaufdampferzeuger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Wertepaare des Rohrinnendurchmessers d und des Quotienten K in dem Koordinatensystem bestimmte Punkte zwischen der Kurve A und einer Geraden B liegen, wobei die Punkte entsprechend den Wertepaaren  $d_5 = 14,3 \text{ mm}$  bei  $K_5 = 1,8 \text{ kg/s m}$  und  $d_6 = 38,4 \text{ mm}$  bei  $K_6 = 7,6 \text{ kg/s m}$  auf der Geraden B liegen.
- 10 4. Durchlaufdampferzeuger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der einem Quotienten K zugeordnete Rohrinnendurchmesser d um höchstens 10% kleiner bzw. um höchstens 30% größer ist als der auf der Kurve A diesem Quotienten K zugeordnete Rohrinnendurchmesser d.
- 15 5. Durchlaufdampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mindestlast im Durchlaufbetrieb gleich oder kleiner als 50% der Vollast ist.
- 20 6. Durchlaufdampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der fossile Brennstoff Kohle oder ein anderer fester Brennstoff ist.
- 25 7. Durchlaufdampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Leistung des Kraftwerkblocks, zu dem der Durchlaufdampferzeuger gehört, deutlich kleiner als 500 MW ist.
- 30 8. Durchlaufdampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Massenstromdichte in den Rohren (3) bei einem Rohrinnendurchmesser d bis zu 25 mm im Bereich von etwa 800 bis 850  $\text{kg/m}^2\text{s}$  und bei einem Rohrinnendurchmesser über 25 mm im Bereich von etwa 850 bis etwa 950  $\text{kg/m}^2\text{s}$  liegt.

1/2

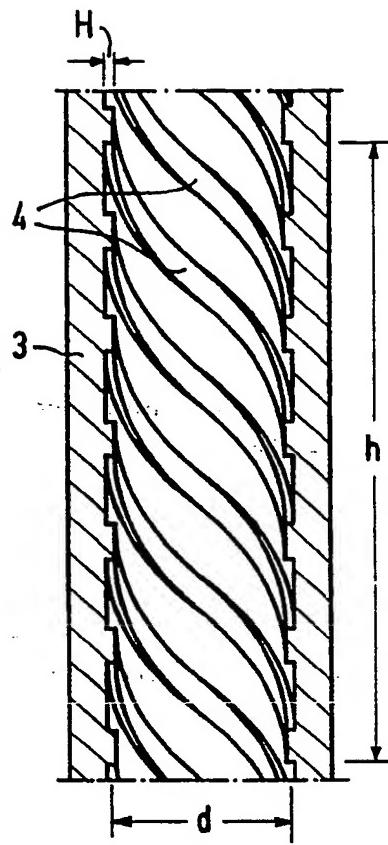


FIG 2

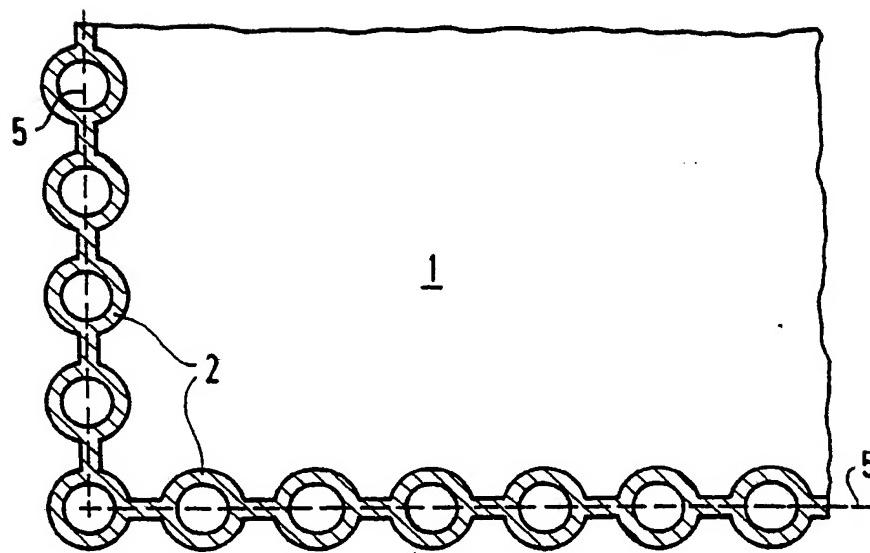


FIG 1

2/2

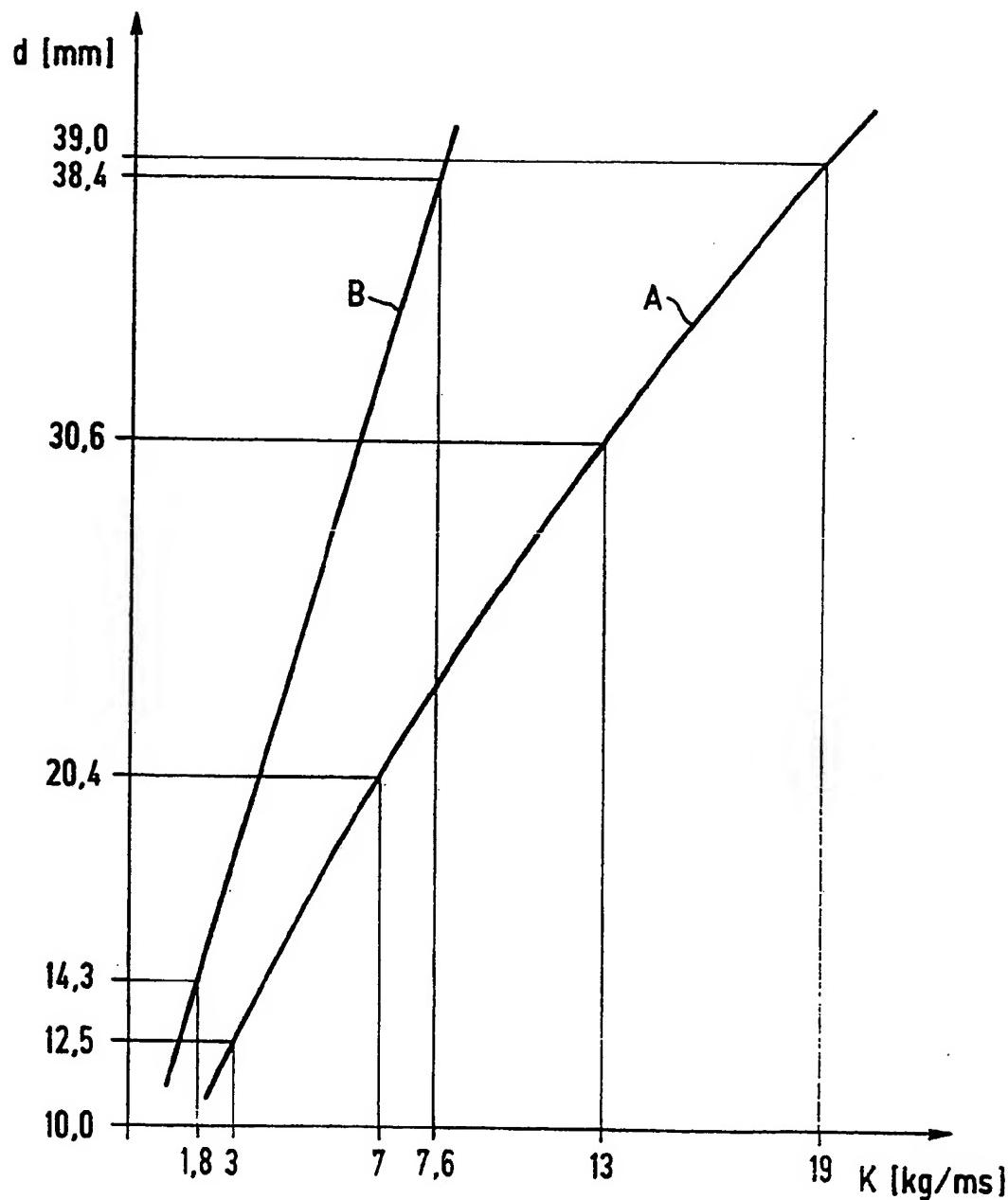


FIG 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE 91/00319

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.<sup>5</sup> F22B37/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.<sup>5</sup> F22B; F28F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR, A, 1 288 755 (BABCOCK) 19 February 1962 see page 2, right-hand column, line 19 - line 55 see page 3, right-hand column, line 17 - page 4, right-hand column, line 34; figures ---	1,2,6
A	GB, A, 2 102 105 (FOSTER WHEELER) 26 January 1983 see page 4, line 82 - line 111; figures ---	1
A	DE, A, 3 028 240 (MITSUBISHI) 5 February 1981 ---	1
A	BABCOCK & WILCOX 'STEAM ITS GENERATION AND USE' 1978, NEW YORK US see page 1-4, right-hand column, line 11 - page 1-5, left-hand column, line 8; figure 5 -----	1

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

• Special categories of cited documents:	
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E"	earlier document but published on or after the international filing date
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 October 1991 (28.10.91)

Date of mailing of the international search report

8 November 1991 (08.11.91)

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office  
Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. DE 9100319  
SA 46297

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 28/10/91

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
FR-A-1288755		None		
GB-A-2102105	26-01-83	JP-C-	1316550	15-05-86
		JP-A-	58040402	09-03-83
		JP-B-	60042361	21-09-85
DE-A-3028240	05-02-81	JP-A-	56023603	06-03-81
		CH-A-	648645	29-03-85
		FR-A, B	2463357	20-02-81

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 91/00319

## I. KLASSEKIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationsymbolen sind alle anzugeben)<sup>6</sup>

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int. Kl. 5 F22B37/10

## II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff<sup>7</sup>

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int. Kl. 5	F22B ; F28F

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen<sup>8</sup>

## III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN<sup>9</sup>

Art. <sup>10</sup>	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
A	FR,A,1 288 755 (BABCOCK) 19. Februar 1962 siehe Seite 2, rechte Spalte, Zeile 19 - Zeile 55 siehe Seite 3, rechte Spalte, Zeile 17 - Seite 4, rechte Spalte, Zeile 34; Abbildungen ---	1,2,6
A	GB,A,2 102 105 (FOSTER WHEELER) 26. Januar 1983 siehe Seite 4, Zeile 82 - Zeile 111; Abbildungen ---	1
A	DE,A,3 028 240 (MITSUBISHI) 5. Februar 1981 ---	1
A	BABCOCK & WILCOX 'STEAM ITS GENERATION AND USE' 1978 , NEW YORK US siehe Seite 1-4, rechte Spalte, Zeile 11 - Seite 1-5, linke Spalte, Zeile 8; Abbildung 5 ---	1

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen<sup>10</sup>:

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie angeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipps oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.
- "a" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist.

## IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1 28. OKTOBER 1991

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08. 11. 91

Internationale Recherchenbehörde

EUROPAISCHES PATENTAMT

Unterschrift des bevollmächtigten Beleisstenen

VAN GHEEL J.U.M.

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

DE 9100319  
SA 46297

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28/10/91

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR-A-1288755		Keine	
GB-A-2102105	26-01-83	JP-C- 1316550      15-05-86 JP-A- 58040402      09-03-83 JP-B- 60042361      21-09-85	
DE-A-3028240	05-02-81	JP-A- 56023603      06-03-81 CH-A- 648645      29-03-85 FR-A, B 2463357      20-02-81	

EPO FORM P073

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)